

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE ENERGÍAS RENOVABLES UNDIMOTRIZ, APROVECHANDO EL OLEAJE DE SAN ANDRÉS ISLAS

Geraldine Viloría Durango ¹ – geralduvi@gmail.com

Docente Asesor: Hayder Osvaldo Bautista Herrera

Semillero de Investigación: Emprendimiento Ambiental “EMPRAMB”

PALABRAS CLAVES

Energía Renovable Undimotriz, oleaje, flujo de energía de olas, columna de agua oscilante, San Andrés Isla.

INTRODUCCIÓN

El uso de energías no renovables tiene un gran impacto ambiental, la principal fuente, uso y consumo de energía es hidroeléctrica, generando un gran impacto ambiental, puede ocasionar sequías disminución en caudales en las fuentes hídricas cercanas; por otro lado, las termoeléctricas genera emisiones térmicas y de vapor que pueden alterar el clima local según la revista Portafolio (2016). La Energía Renovable Undimotriz o también llamada energía de las olas obtiene electricidad a partir del movimien-

to mecánico de las olas y es convertida en flujo energía. Para tal fin se utilizará el método fijo llamado columna de agua oscilante (OWC), este dispositivo fijo es instalado a lo largo de la línea costera en la rompiente de la ola (Neghme, 2014), aprovechando el oleaje de San Andrés Islas. La energía de este lugar es obtenida por la empresa SOPE-SA (Sociedad Productora de Energía de San Andrés y Providencia S.A E.S. P) con una planta de generación eléctrica por combustible fósil Diesel (Reyes, 2017).

Los océanos son una de las fuentes de energías renovables son importantes, debido a su magnitud y a su ilimitado alcance, aunque han realizado pocos estudios que nos permitan desarrollar esta alternativa energética

¹ Proyecto Curricular Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos. UDFJC

(Mendoza, 2016). Colombia es uno de los pocos países del mundo, que tiene acceso al Mar Caribe en el norte y al Océano Pacífico en el occidente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020); por su ubicación geográfica tiene un punto a favor esta alternativa energética (Colombiano, 2013). La generación de energía en Colombia en gran medida es hidroeléctrica y termoeléctrica. Aprovechando las energías renovables ayudaría al medio ambiente y se disminuiría la explotación minera, que causa gases de efecto invernadero y destrucción de ecosistemas (Unidad de Planeación Minero Energética-UPME, 2015).

Las zonas no interconectadas (ZNI, en adelante), están ubicadas generalmente, en zonas costeras, son los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (artículo 1 de la Ley 855 de 2003); por ejemplo, estos lugares de ZNI son el Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina, Leticia en el Amazonas, Capurganá en el Chocó, Puerto Carreño en el Vichada y Mitú en Vaupés (CREG, 2007).

El estudio será enfocado en San Andrés Islas, por ser una ZNI y por estar ubicado en zona costera. La principal actividad económica es el turismo y el comercio, que consume el mayor porcentaje de energía eléctrica. En la actualidad cuenta con un sistema de generación de energía convencional, que se abastecen de energía gracias a la quema de derivados de combustibles fósiles Diésel (Reyes, 2017). Son productores, transportadores y comercializadores del servicio público de energía, la empresa encargada es la Sociedad Productora de Energía de San Andrés y Providencia S.A. - E.S.P (SOPESA S.A - E.S.P).

Por lo tanto, se hará un estudio del aprovechamiento de Energía Renovable Undimotriz por el método columna oscilante de agua (OWC), también se hará un análisis de las ventajas y desventajas del uso de este tipo de tecnología de generación de energía eléctrica Undimotriz.

Referentes Teóricos.

A nivel mundial, está creciendo el uso de

energías procedentes de fuentes como solar, eólica, geotermia, biomasa; a través del uso de tecnologías modernas; tecnologías en etapas nacientes, en desarrollo y de poco uso actualmente, es el caso de la energía de los mares, en forma de mareas, oleaje, gradientes térmicos o salínicos (Reyes, 2017). Además, se suma el uso de biocombustibles en el sector de transporte.

Colombia es un país que goza de una matriz energética relativamente rica tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables (UPME, 2015). En la actualidad, la explotación y producción energética del país está constituida, a grandes rasgos, en un 93% de recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4% de hidroenergía y un 3% de biomasa y residuos (UPME, 2015). El uso de energías renovables es poco proporcional, al uso de origen fósil (UPME, 2015).

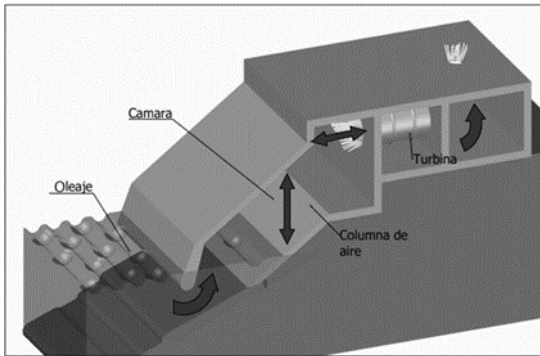
Energía Renovable Undimotriz: es una tecnología utilizada para producir energía eléctrica mediante un dispositivo que aprovecha la energía generada por el movimiento oscilatorio

de los mares; algunos dispositivos utilizan la energía cinética de las olas, mientras que otros usan la energía potencial de éstas; la energía es transformada mecánicamente y convertida en energía eléctrica, la cual es transportada a tierra mediante cables submarinos y su potencia es proporcional al período y al cuadrado de la altura de la respectiva ola (Neghme, 2014).

Columna Oscilante de Agua - Método

OWC: Es un dispositivo fijo que funciona por medio de una estructura vacía, parcialmente inmersa en el agua, con una abertura expuesta por debajo de la línea del agua ver Figura 1; por encima de este nivel se genera una gran cámara de aire; esta sufre violentas compresiones por efecto del llenado de agua en la cámara y es canalizado a través de conductos que mueven las turbinas bidireccionales tipo Wells (Hernandez, 2016), que son acopladas a un generador y así produce energía eléctrica (Morales, 2016).

Figura 1.
 Prototipo undimotriz columna de aire oscilante



Fuente: Elaboración propia.

El efecto aerodinámico producido es de igual intensidad, al entrar y salir de la cámara. El reingreso de aire desde el exterior vuelve a girar las turbinas instaladas en los ductos y así el ciclo se cierra esperando el ingreso de una nueva ola (Hernandez, 2016).

Turbina Tipo Wells: Extrae la energía cinética disponible del aire, sin cambios bruscos en su velocidad de rotación, que impliquen grandes aceleraciones y fuerzas aerodinámicas (Santa, 2019).

Este dispositivo se ajusta a un generador eléctrico de imanes permanentes para la generación de energía eléctrica a 12 Voltios y una capacidad nominal de 50 vatios. Las aplicaciones pueden ir desde sistemas portátiles para opera-

ciones militares de telefonía o para iluminación de boyas marinas (Santa, 2019).

Tecnología undimotriz aplicada a nivel global.

Central Undimotriz de Mutriku: Se ubica en la población guipuzcoana de Motrico en el País Vasco, España como se muestra en la Figura 2. Se inauguró el 8 de julio de 2011. Consta de 16 turbinas con una potencia total de 296 kW capaces de producir 970MWh al año. Es la primera planta comercial de energía undimotriz a nivel mundial (Wikipedia,2020). La planta ha producido por año 246.486 kWh, el récord de producción en una hora es 158 kWh y el mínimo es 1 kWh (G. Ibarra, 2018).

Figura 2.
 Tecnología OWC de Mutriku



Fuente: G. Ibarra-Berastegi, J. Sáenz, A. Ulazia, P. Serras, G. Esnaola, C. García-Soto "Electricity production, capacity factor, and plant efficiency index at the Mutriku wave farm (2014-2016)" Ocean Engineering. Vol. 147. Páginas 20-29.

REFLEXIÓN

Para el desarrollo de este estudio, la metodología utilizada es de carácter descriptivo, basada en datos secundarios, adquiridos de la página del centro de investigación oceanográfica e hidrográfica de Colombia (CIOH), entre otros.

Oleaje de San Andrés islas: En la Tabla 1 se describe el promedio de la dirección y altura del oleaje oscilante en metros, mes a mes del año 2019.

Tabla 1.
Promedio de altura del oleaje oscilante en San Andrés Islas, pronóstico para el 2019.

MES	DIRECCION Y ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE (m) H
ene-19	1,05
feb-19	0,95
mar-19	0,65
abr-19	0,85
may-19	1,1
jun-19	1,65
jul-19	1,7
ago-19	2,1
sep-19	1,25
oct-19	0,6
nov-19	0,7
dic-19	0,75

Fuente: Página centro de investigación oceanográfica e hidrográfica de Colombia CIOH (CIOH., Principales Puertos, 2019).

Velocidad del viento San Andrés y Providencia: En la Tabla 2, se describe un promedio anual de la velocidad media del viento en

metros sobre segundos.

Tabla 2.
Velocidad media del viento San Andrés y Providencia, promedio anual.

MES	DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) Vv
ene	6,6
feb	6,6
mar	6,3
abr	4,9
may	5
jun	5,9
jul	7,8
ago	6,2
sep	4,6
oct	4,5
nov	5,5
dic	7

Fuente: Página centro de investigación oceanográfica hidrográfica de Colombia CIOH (CIOH., Climatología Del Caribe San Andrés y Providencia, s.f.).

Potencial energético de la Energía Renovable Undimotriz en San Andrés y Providencia.

la capacidad del oleaje de generar energía se mide con los parámetros de flujo energía y potencia por metro de frente de la ola (kW/m), debido a esto se van a describir las medidas que definen las olas cortas que son producidas por el viento, es decir distintos valores de altura, periodo y dirección (Chozas, 2008).

Los siguientes cálculos, son del documento *''Una aproximación al aprovechamiento de la energía de las olas para la generación de electricidad, de la Universidad Politécnica de Madrid''* (Chozas, 2008).

Cálculos.

Longitud De Onda (λ).

$$\lambda = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} = m$$

- Gravedad (g): 9,81 (m/s²).
- Periodo de la ola (T): (H/Vv) varía por mes.

Celeridad De La Onda C.

$$C = \frac{\lambda}{T} = m/s$$

- Longitud De Onda (λ): varía por mes.
- Periodo de la ola (T): (H/Vv) varía por mes.

Celeridad Del Grupo Cg.

$$C = \frac{\lambda}{T} = m/s$$

- Celeridad de la onda C: varía por mes.

Flujo De Energía (KW/m).

$$Fe = \frac{p \cdot g \cdot H^2}{8} \cdot Cg = kW/m$$

- Peso específico del agua de mar (p): 1028 kg/m³.
- Altura de la ola (m) H: Varía por mes.
- Celeridad del grupo Cg: Varía por mes.

Flujo De Energía da como resultado W/m se convierte a kW/m multiplicando por 0,001, ya que 1 W=0,001 kW.

Tabla 3.

Flujo de energía del oleaje de San Andrés Islas, promedio anual.

MES	FLUJO DE ENERGIA (W/m)	FLUJO DE ENERGIA (KW/m)
ene	173	0,17
feb	128	0,13
mar	43	0,04
abr	123	0,12
may	262	0,26
jun	749	0,75
jul	620	0,62
ago	1470	1,47
sep	418	0,42
oct	47	0,05
nov	61	0,06
dic	59	0,06
	PROMEDIO ANUAL	0,35

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes ventajas y desventajas son del

documento *''Una aproximación al aprovechamiento de la energía de las olas para la generación de electricidad, de la Universidad politécnica de Madrid''* (Chozas, 2008).

Ventajas de la Energía Renovable Undimotriz

- *Las olas pueden viajar largas distancias sin perder energía.*
- *Debido a la abundancia de este recurso, tiene alta disponibilidad.*
- *El desarrollo de esta energía promoverá la seguridad del suministro de energía a áreas remotas.*
- *Promoverá la diversificación del empleo.*
- *Es un tipo de energía limpia y no emitirá gases contaminantes a la atmósfera.*
- *El impacto visual es mucho menor que el de los aerogeneradores en energía eólica renovable. Además, el equipo puede ubicarse bajo la superficie del mar del rompeolas o lejos de la costa (Chozas, 2008).*

Desventajas de la Energía Renovable Undimotriz

- *No es aplicable en todos los tipos de costas (Vélez, 2015).*
- *Varios dispositivos han fracasado ante tormentas, pues la carga que debe soportar el dispositivo en condiciones más adversas (p.ej. huracanes) puede ser 100 veces mayor que su carga nominal.*
- *La vegetación marina crece en todo lo que se instala en el mar.*
- *El efecto corrosivo del agua salada tendrá un efecto muy adverso en diferentes materiales. Por ejemplo, hacen que el acero se oxide, el cobre se disuelva y el aluminio desaparezca.*
- *El costo de construcción es muy alto y no es competitivo con el costo de cualquier central eléctrica convencional.*
- *El aprovechamiento de la energía de las olas tiene un impacto ambiental*

considerable, entre los impactos ambientales que produce se pueden destacar:

- * *Emisiones de ruido*
- * *Los efectos negativos en la flora y fauna que puede afectar a las aves migratorias y a los peces*
- * *Los efectos de la reproducción de algunas especies (Chozas, 2008).*

CONCLUSIONES

El resultado del flujo de energía del oleaje de San Andrés Islas, fue poco Tabla 3, se observa que el valor promedio anual es de 0,35 kW/m, potencia por metro de frente de ola, el flujo de energía en zonas favorables varía entre 65 y 60 kW/m de frente de la ola, corresponde con olas de amplitud de 2 m y períodos grandes, entre 7 s y 10 s (Chozas, 2008). La altura media de las olas oscila entre 1-2 m (45%) y 2-3 m (30%). Los periodos suelen estar comprendidos entre 6-8 s (40%) y 8-10 s (30%). Se considera una ola con valores elevados es aquella que $H=3,5m$ Y $T=17s$ (Chozas, 2008). Los resultados obtenidos están por debajo del promedio

de altura media de las olas.

Las ventajas y desventajas, inicialmente la propuesta es viable, porque es un recurso inagotable, no contamina el medio ambiente; el método columna oscilante de agua (OWC) es de bajo impacto visual ya que éste podrá ser ubicado en alguna zona litoral de San Andrés Islas. Además, este tipo de energía renovable, todo el tiempo está produciendo sin parar. Pero, no es viable porque el costo de la construcción es alto, no es competitivo con el coste de ninguna central convencional; afecta la flora y fauna a largo plazo, la vegetación marina está en constante crecimiento y por último su producción energética depende del clima local.

Se determinó que el análisis de alternativas de Energías Renovables Undimotriz, aprovechando el oleaje de San Andrés Islas, no es viable por sus olas cortas. Debido a esto la elaboración de una planta Undimotriz por el método columna oscilante de agua (OWC), sería una construcción de altos costos y la producción de energía no sería óptima en su

mantenimiento y sustentabilidad. Sin embargo, no hay que descartar el uso de Energía Renovable Undimotriz en San Andrés Islas ya que no solo se puede aplicar este método columna oscilante de agua (OWC) hay muchos más en este tipo Undimotriz o energía de las olas, que servirán de alternativa energética asequible y no contaminante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfredo Santa, M. L. (2019). GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON TURBINAS WELLS. Revista de Ingeniería - UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, 56-64. <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/528/709>

Ángela María Reyes Hernández, M. Á. (2017). Análisis de factibilidad para la implementación de fuentes alternas de generación de energía eléctrica en el archipiélago De San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Obtenido de Universidad católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1453>
8.

Chozas, J. F. (septiembre de 2008). Una aproximación al aprovechamiento de la energía de las olas para la generación de electricidad. Obtenido de Universidad politécnica de Madrid: http://oa.upm.es/1203/1/PFC_JULIA_FERNANDEZ_CHOZAS.pdf

CIOH., c. d. (2019). Principales Puertos. Obtenido de PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS San Andrés: <https://www.cioh.org.co/meteorologia/PreCaMaritima.php?pmc=saa>

CIOH., c. d. (s.f.). Climatología Del Caribe San Andrés y Providencia. Obtenido de Velocidad media del viento San Andrés y Providencia: <https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenSanAndresyProvidencia4.php>

Colombiano, E. (14 de marzo de 2013). HISTÓRICO, Energía de Colombia es una de las más competitivas del mundo. https://www.elcolombiano.com/historico/energia_de_colombia_es_una_de_las_mas_competitivas_del_mundo-DEEC_233437.

- CREG. (2007). Zonas no Interconectadas. Obtenido de Comisión de regulación de energía y gas : <https://www.creg.gov.co/sectores/energia-electrica/zonas-no-interconectadas>.
- G. Ibarra-Berastegi, J. Sáenz, A. Ulazia, P. Serrás, G. Esnaola, C. García-Soto "Electricity production, capacity factor, and plant efficiency index at the Mutriku wave farm (2014-2016)" *Ocean Engineering*. Vol. 147. Páginas 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.10.018>
- Jaime Hernandez, N. (2016). Aplicación de los diferentes sistemas de conversión de energía undimotriz, (energía de las olas) y sus ventajas para ser aplicada como energía renovable en Pemex. *Ingeniería Petrolera*, 99-106. <https://biblat.unam.mx/es/revista/ingenieria-petrolera/articulo/aplicacion-de-los-diferentes-sistemas-de-conversion-de-energia-undimotriz-energia-de-las-olas-y-sus-ventajas-para-ser-aplicada-como-energia-renovable-en-pemex>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). El privilegio de contar con dos mares. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-asuntos-marino-costeros/2930-el-privilegio-de-contar-con-dos-mares#:~:text=Colombia%20es%20uno%20de%20los,Oc%C3%A9ano%20Pac%C3%ADfico%20en%20el%20occidente>
- Morales Calisto, E. V. (2016). *Análisis de un dispositivo oscilante como medio de captación de energía undimotriz*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE CHILE: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139160>
- Neghme, I. M. (2014). UN SISTEMA DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ PARA ZONAS. *REVISMAR 3* /, 274-279. Obtenido de <http://humadoc.mdp.edu.ar:8080/bitstream/handle/123456789/645/martinez.pdf?sequence=1>
- PORTAFOLIO. (05 de DICIEMBRE de 2016). Energías renovables, la apuesta que debe hacer el país. *PORTAFOLIO*. <https://www.portafolio.co/innovacion/energias-renovables-en-colombia-502061>
- Rolando Calero Mendoza, D. V. (2016).

Energía undimotriz, alternativa para la producción de energía eléctrica en la provincia de Santa Elena. la libertad Ecuador. <http://humadoc.mdp.edu.ar:8080/bitstream/handle/123456789/643/document%20%281%29.pdf?sequence=1>.

SOPESA S.A E.S.P. (s.f.). Obtenido de Servicios: <https://sopesa.com/servicios/>

UPME. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Obtenido de Unidad de Planeación Minero Energética : http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVABLES_WEB.pdf

Vélez, S. D. (7 de octubre de 2015). *Estudio de factibilidad sobre el aprovechamiento de Energía Undimotriz en Mar del Plata*. Obtenido de Universidad Nacional de Mar del Plata : <https://undimotriz.frba.utn.edu.ar/wp-content/uploads/sites/61/2019/08/2015-UNMdP-Sofia-Diaz-Velez-Estudio-de-factibilidad-sobre-el-aprovechamiento-de-Energ%C3%ADa-Undimotriz-en-Mar-del-Plata.pdf>

Wikipedia actualización año 2020 Central undimotriz de Motrico, tomado de . https://es.wikipedia.org/wiki/Central_undimotriz_de_Motrico#cite_note-pdf-1